

*Marcin Kleinowski*

Wydział Politologii i Studiów Międzynarodowych Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu,  
ul. Stefana Batorego 39 L, 87-100 Toruń; e-mail: marcinkleinowski@interia.pl

## **NOWA TECHNIKA ANALIZY RYZYKA W PLANOWANIU KRYZYSOWYM PROWADZONYM PRZEZ JEDNOSTKI SAMORZĄDU TERYTORIALNEGO W POLSCE**

**Streszczenie:** Artykuł prezentuje nową technikę analizy ryzyka. Analiza Zagrożenia Ludności i Mienia (*People and Property Hazard Analysis – PPHA*) jest probabilistyczną, półilościową techniką, nieskomplikowaną i łatwą do zastosowania. Zapewnia bardziej precyzyjne szacunki poziomu ryzyka niż Wstępna Analiza Zagrożeń (*Preliminary Hazard Analysis – PHA*) – prawdopodobnie najbardziej powszechnie wykorzystywana przez jednostki samorządu terytorialnego w Polsce. PPHA można zastosować w analizie wszystkich wspólnot i organizacji. Celem nowej techniki jest zapewnienie narzędzia, które wesprze decydentów w efektywnym alokowaniu ograniczonych zasobów w szerokim wachlarzu potencjalnych inwestycji mogących obniżyć ryzyko. Uzupełnienie artykułu stanowi aktywny formularz zawierający dane wejściowe i wyliczenia potrzebne do oszacowania ryzyka dla przykładowych zagrożeń przedstawionych w jego treści<sup>1</sup>. Ma on również ułatwić stosowanie techniki PPHA w praktyce.

**Słowa kluczowe:** ryzyko, analiza ryzyka, planowanie kryzysowe.

## **A NEW RISK ANALYSIS TECHNIQUE IN CRISIS PLANNING IMPLEMENTED BY LOCAL GOVERNMENTS IN POLAND**

**Summary:** This article presents new risk analysis technique. The People and Property Hazard Analysis (PPHA) is probabilistic, semiquantitative technique, uncomplicated and easy to use. It provides more precise estimates of a risk level than preliminary hazard analysis – probably the most commonly performed technique by local governments in Poland. PPHA is applicable to the analysis of all types of communities and organizations. The purpose of the new technique is to provide a tool that can assist decision-makers in effectively allocating limited resources across the vast array of potential investments that could mitigate risk.

**Keywords:** risk, risk analysis, crisis planning.

---

<sup>1</sup> Autor przygotował aktywny formularz w programie MS Excel, który automatycznie wykonuje większość obliczeń na podstawie wprowadzonych danych, jak również generuje wykresy i matryce ryzyka. Można w nim analizować do 28 zagrożeń jednocześnie. Zamieszczone w artykule tabele oraz wykresy zostały sporządzone przy jego wykorzystaniu, ale ze względu na objętość zaprezentowano tylko wybrane z nich, nierzadko w formie zmodyfikowanej lub skróconej. Formularz dla poprawnego działania wymaga arkusza kalkulacyjnego MS Excel 2007 lub wersji późniejszej tego programu. Aktywny formularz (w wersji beta), zawierający całość wyliczeń (w tym dane wejściowe) dla przykładów wykorzystanych w artykule, można otrzymać, kierując prośbę na adres e-mail: kleinowski@umk.pl lub pobrać pod adresem: <http://speedy.sh/fNC5t/Marcin-Kleinowski-Technika-szacowania-ryzyka-nowe-podejscie-beta-v1.1-final.xlsx>.

W zarządzaniu kryzysowym na poziomie jednostki samorządu terytorialnego (JST) trudno jest wskazać etapy oraz działania mniej i bardziej istotne. Nie ulega jednak wątpliwości, że zarządzanie ryzykiem to proces, który ma szczególne znaczenie dla skutecznego i efektywnego<sup>2</sup> zapewnienia bezpieczeństwa. Właściwa ocena ryzyka stanowi podstawę do podjęcia działań zmierzających do wyeliminowania lub ograniczenia negatywnych skutków, jakie niosą potencjalne zagrożenia. Pozwala również racjonalnie alokować ograniczone zasoby w celu podniesienia poziomu bezpieczeństwa.

Istniejące techniki analizy ryzyka były tworzone głównie z myślą o zastosowaniu w zarządzaniu projektami, przedsiębiorstwem lub bezpieczeństwem i higieną pracy. Opracowano je na potrzeby tzw. inżynierii bezpieczeństwa, działalności medycznej, epidemiologicznej i ubezpieczeniowej<sup>3</sup> (Kaczmarek 2008; Aven 2008; Hopkin 2010). Stąd też ich wykorzystanie w ocenie ryzyka w zarządzaniu kryzysowym na poziomie JST nastęrcza trudności.

Szczególnie trudnym zadaniem jest dokonanie właściwego oszacowania ryzyka, a więc zmierzenia jego poziomu generowanego przez zagrożenie (PKN 1999). Należy mieć na uwadze, że zgodnie z definicją sytuacji kryzysowej, zapisaną w art. 3 Ustawy o zarządzaniu kryzysowym<sup>4</sup>, szacowanie powinno odnosić się co najmniej do strat ludzkich (rozumianych jako zabici, zaginieni i ranni wymagający kwalifikowanej pomocy lekarskiej) oraz szkód w mieniu. W przypadku stosowania w tym celu technik probabilistycznych wyliczenia dokonuje się, mnożąc prawdopodobieństwo lub częstość wystąpienia zagrożenia przez prognozowane jego skutki (straty).

Prawidłowe oszacowanie ryzyka wymaga właściwego określenia wartości obu czynników iloczynu, przyjęcie niepoprawnych danych wejściowych może zaś obarczyć wynik bardzo istotnym błędem. O ile więc sama koncepcja dokonania pomiaru ryzyka jest prosta, o tyle ustalenie poprawnej wartości wielkości prawdopodobieństwa oraz strat nastęrcza trudności. Przykładowo, jednoczesne przeszacowanie lub niedoszacowanie prawdopodobieństwa oraz skutków zagrożenia o 10% powoduje błąd obliczenia na poziomie 19–21%. Może to wywoływać u decydentów stan mispercepcji, czyli fałszywej świadomości (Pietraś 1998), a w konsekwencji prowadzić do zachowań racjonalnych, ale technicznie błędnych, gdy logiczne kalkulacje oparte są na niedokładnej lub nieprawdziwej informacji (Howard 1971). Jednocześnie należy mieć na względzie skromne zasoby ludzkie, sprzętowe i finansowe, jakie JST asygnują na potrzeby zarządzania kryzysowego, ograniczające ich możliwości analityczne w tym względzie. Wykorzystywana najczęściej przez samorządy w planowaniu kryzysowym me-

---

<sup>2</sup> Skuteczne, czyli takie, które możliwie w pełni osiąga założone cele. Z kolei za efektywne uznaje się uzyskanie określonych rezultatów, przy możliwie małych nakładach zasobów.

<sup>3</sup> Jako wyjątek można wskazać normę ISO 3100 z 2009 r. W zakresie szacowania ryzyka jej postanowienia są jednak bardzo ogólnikowe. Zasadniczo sprowadzają się do stwierdzenia, że powinno ono stanowić kombinację prawdopodobieństwa zdarzenia oraz jego konsekwencji. Autor celowo pominął tu techniki analizy związane *stricte* z ryzykiem inwestycyjnym, ze względu na odmienny przedmiot zainteresowania.

<sup>4</sup> Dz.U. Nr 89, poz. 590.

toda Wstępnej Analizy Zagrożeń (*Preliminary Hazard Analysis* – PHA) (szerzej: Clifton 2005), w praktyce opiera się na doświadczeniu lub intuicji osób ją przeprowadzających. Tym samym uzyskiwane wyniki są bardzo subiektywne.

Celem artykułu jest zaprezentowanie nowej, probabilistycznej techniki analizy ryzyka o charakterze półilościowym, mającej zastosowanie przede wszystkim w planowaniu kryzysowym realizowanym przez JST – uwzględniającej ich specyfikę. Zamierzeniem autora było stworzenie techniki charakteryzującej się:

- względną prostotą przyjętych rozwiązań, ułatwiających stosowanie techniki w praktyce;
- stosunkową łatwością określenia wartości danych wejściowych;
- uniwersalnością, rozumianą jako możliwość zastosowania w przypadku dowolnej JST;
- uwzględnieniem w szacowaniu skutków zarówno strat ludzkich, jak i materialnych;
- możliwością wsparcia procesu decyzyjnego w zakresie wyboru strategii oddziaływania na ryzyko;
- minimalizacją wpływu błędu szacowania prawdopodobieństwa i skutków zagrożenia na wynik analizy.

## Ryzyko i etapy procesu oceny ryzyka

W literaturze przedmiotu można odnaleźć wiele różnorodnych ujęć kategorii ryzyka (Walas-Trębacz, Ziarko 2011; Grocki 2012), również etapy procesu oceny ryzyka przedstawiane są odmiennie. W kontekście prezentowanej techniki konieczne więc jest sprecyzowanie, w jaki sposób autor definiuje pojęcie ryzyka oraz jak postrzega przebieg procesu jego oceny.

Za Romualdem Grockim można przyjąć, że ryzyko „jest to możliwość wystąpienia zdarzenia mającego wpływ na realizację celów. Określone jest ono przez dwa parametry: prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia oraz skutki zdarzenia” (Grocki 2012, s. 66). W przypadku zarządzania kryzysowego w JST skutki można w praktyce utożsamiać ze stratami. Jednocześnie zakwalifikowanie danego ryzyka do wyróżnionych w tym zakresie kategorii jest zależne od stopnia jego oddziaływania na możliwość osiągnięcia celów przyjętych przez organizację.

Celem oceny ryzyka jest dostarczenie danych niezbędnych do podjęcia decyzji o wyborze i wdrożeniu środków mających prowadzić do redukcji jego poziomu. Ma więc umożliwić zdiagnozowanie zagrożeń i generowanych przez nie ryzyk oraz pozwolić na ich skategoryzowanie. W literaturze przebieg oceny ryzyka przedstawia się różnorodnie<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Przykładowo, standard zarządzania ryzykiem, przyjęty przez Federation of European Risk Management Associations jako etapy oceny ryzyka wyróżnia jego analizę (w tym identyfikację, opis i pomiar) oraz ewaluację (FERMA 2003). Z kolei brytyjskie Office of Government Commerce wyszczególnia oszacowanie i ewaluację ryzyka (OGC 2007). Według międzynarodowego standardu ISO/FDIS 3100:2009 na ocenę ryzyka składa się jego identyfikacja, analiza (w tym szacowanie) oraz ewaluacja (ISO 2009a). Funkcjonują również podejścia niewyróżniające w pro-

Na potrzeby artykułu autor proponuje przyjąć – co do zasady – podział etapów oceny ryzyka zgodnie z ISO/FDIS 3100:2009<sup>6</sup>. Właściwe byłoby jednak wyróżnienie etapu planowania jako rozpoczynającego proces.

### **Wyznaczenie kategorii prawdopodobieństwa, skutków i ryzyka**

Stosowanie Techniki Analizy Zagrożenia Ludności i Mienia (*People and Property Hazard Analysis* – PPHA) należy rozpocząć od określenia tolerancji ryzyka podmiotu analizy, pojmowanej jako gotowość do jego ponoszenia (ISO 2009b). Trzeba również wyznaczyć kategorie dla prawdopodobieństwa i skutków zagrożeń, jak również generowanych przez nie ryzyk. Prezentowana technika nie narzuca w tym względzie żadnych rozwiązań, w trosce o zachowanie maksymalnej uniwersalności jej stosowania. Przedstawione w artykule przykłady stanowią jedynie propozycję podejścia do tego zagadnienia.

Ustalenie tolerancji ryzyka dla organizacji wiąże się z koniecznością przyjęcia maksymalnych poziomów:

- 1) ryzyka akceptowanego – niewymagającego podejmowania żadnych działań poza ewentualnym monitoringiem;
- 2) ryzyka tolerowanego – możliwego lub koniecznego do zaakceptowania, pod warunkiem monitorowania zagrożeń i podjęcia działań dążących do redukcji jego poziomu (muszą one obejmować co najmniej przygotowanie planów reagowania).

Celem zarządzania ryzykiem powinno być sprowadzenie wszystkich zagrożeń do poziomu co najmniej tolerowanego. W wyniku przygotowania i/lub implementacji planów jego redukcji może się okazać, że posiadane zdolności działania nie pozwalają na zrealizowanie tego dążenia. Wówczas pozostaje jedynie podnieść pierwotnie ustalony poziom ryzyka tolerowanego i zaakceptować wynikające z tego konsekwencje.

Określając poziom w każdym z dwóch wyżej wymienionych przypadków, należy wskazać maksymalne straty, jakie organizacja jest gotowa ponieść, ze stuprocentowym prawdopodobieństwem ich wystąpienia w każdym roku. Jednocześnie te negatywne skutki muszą być wyznaczone oddzielnie dla strat materialnych oraz ludzkich. Porównanie wielkości ryzyk generowanych przez poszczególne zagrożenia wymaga sprowadzenia ich do wspólnej jednostki wielkości. Trudno jest jednak porównywać straty ludzkie ze szkodami materialnymi. Wymagałoby to udzielenia odpowiedzi na pytanie, ile warte jest ludzkie życie. W konsekwencji oznacza to, że zarówno poziom ryzyka akceptowanego, jak i tolerowanego musi zostać przyjęty odrębnie dla strat ludzkich oraz szkód materialnych.

Ustalając w przypadku JST maksymalną wartość strat materialnych dla ryzyka akceptowanego i tolerowanego, należy mieć na względzie, że w przypadku wystąpienia zagrożenia poniesienie jego skutków zostanie rozłożone pomiędzy

---

cesie zarządzania ryzykiem etapu jego oceny, czego przykładem jest standard stworzony przez Project Management Institute (PMI 2001).

<sup>6</sup> Standard ISO/FDIS 3100:2009 wyróżnia następujące etapy oceny ryzyka: identyfikacja zagrożeń, analiza ryzyka, szacowanie ryzyka.

budżet samorządu, podmioty poszkodowane, a być może również ubezpieczycieli i budżet państwa. Z kolei określając akceptowany lub tolerowany poziom strat ludzkich – rozumianych jako osoby, które poniosły śmierć, zaginęły lub wymagały kwalifikowanej pomocy lekarskiej – należy założyć wartość większą od zera. Niestety, przy dostępnych nam obecnie możliwościach działania nie jesteśmy w stanie zagwarantować całkowitego bezpieczeństwa ludności w sytuacji wystąpienia zagrożenia, podobnie jak nie możemy uniknąć ofiar wypadków komunikacyjnych. Jednym z możliwych rozwiązań problemu określenia i uzasadnienia przyjętego poziomu dopuszczalnych strat ludzkich jest odniesienie się do częstości ich występowania w codziennym życiu, gdy nie zachodzą zdarzenia nadzwyczajne<sup>7</sup>.

Technika PPHA wymaga, aby określić pięć kategorii prawdopodobieństwa wystąpienia zagrożenia. Dokonanie wyboru odpowiedniej skali pozostawia się podmiotowi przeprowadzającemu proces jego oceny. Należy jednak wyróżnić następujące poziomy prawdopodobieństwa: minimalne, małe, średnie, duże oraz bardzo duże.

Tabela 1 prezentuje przykładową skalę dla ww. kategorii, która jednocześnie stanowi objaśnienie wartości przyjętych dla przypadku przedstawionego w aktywnym formularzu. Była ona z powodzeniem wykorzystywana w analizie ryzyka dla dużych projektów (Cooper et al. 2005).

Podobnie jak w przypadku prawdopodobieństwa wystąpienia zagrożeń, należy określić kategorie potencjalnie wywoływanych przez nie skutków, wyróżniając w tym względzie straty: pomijalne, małe, średnie, duże oraz katastrofalne. Przyjęcie odpowiedniej skali zależne jest od specyfiki organizacji. Skutki mające charakter pomijalny dla miasta wojewódzkiego mogą być katastrofalne dla małej gminy. Jednocześnie należy dokonać podziału odrębnie dla strat ludzkich i materialnych.

---

<sup>7</sup> Określenie poziomu ryzyka akceptowanego i tolerowanego dla strat ludzkich może stanowić politycznie kontrowersyjną kwestię. Jednym z możliwych sposobów uzasadnienia przyjętych w tym względzie wartości jest odwołanie się do wskaźników częstości wypadków. Przykładowo, w latach 2000–2011 wskaźnik częstości wypadków przy pracy w Polsce wynosił od 7,47 do 8,96 zdarzeń na 1000 pracujących, najczęściej osiągając wartość bliską 8 przypadkom na 1000 pracujących (GUS 2000–2011). W takich branżach, jak edukacja oraz administracja publiczna i obrona narodowa, które można uznać za stosunkowo bezpieczne, odpowiednio wynosił on 4,3 i ok. 6–6,5 zdarzenia na 1000 pracujących (GUS 2010, 2011, 2012). Z kolei wskaźniki wypadków ciężkich oraz śmiertelnych przyjęły w 2011 r. wartości odpowiednio 0,06 i 0,035 na 1000 osób (GUS 2012). Powyższe dane mogą stanowić punkt odniesienia dla określenia strat ludzkich dla ryzyka akceptowanego i tolerowanego. Jeżeli oszacujemy liczbę osób narażonych na zidentyfikowane zagrożenia, to poziom strat można wyznaczyć jako iloczyn tej liczby oraz przyjętego wskaźnika częstości wypadków przy pracy, podzielonego przez tysiąc.

Przykładowo, jeśli liczba osób narażonych wynosi 5000, a wskaźnik wypadków przy pracy przyjęto na poziomie 4 zdarzeń na 1000 pracujących, to wówczas tolerowany poziom strat ludzkich równa się:  $5000 \cdot 4 / 1000 = 20$  osób. W przypadku bardziej restrykcyjnego podejścia istnieje możliwość odwołania się do wskaźników częstości ciężkich lub śmiertelnych wypadków przy pracy.

Tab. 1. Przykład określenia kategorii prawdopodobieństwa wystąpienia zagrożenia

Kategoria prawdopodobieństwa	Częstość	Prawdopodobieństwo	Charakterystyka
Minimalne	co najmniej 1 raz na 100 lat	0,01–0,04	Zagrożenie bardzo nieprawdopodobne, ale mogące wystąpić co najmniej raz na 100 lat.
Małe	co najmniej 1 raz na 25 lat	0,04–0,1	Zagrożenie mało prawdopodobne, może wystąpić co najmniej raz na 25 lat.
Średnie	co najmniej 1 raz na 10 lat	0,1–0,2	Zagrożenie może wydarzyć się przynajmniej raz na 10 lat.
Duże	co najmniej 1 raz na 5 lat	0,2–0,8	Zagrożenie prawdopodobne, może wydarzyć się co najmniej raz w okresie 5 lat. Najpewniej wystąpi kilkakrotnie w tym okresie.
Bardzo duże	ok. 1 raz na rok	> 0,8	Zagrożenie bardzo prawdopodobne, może wydarzyć się przynajmniej raz w roku.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Cooper et al. 2005, s. 53–54.

Tab. 2. Przykład określenia kategorii strat

Kategoria strat	Straty ludzkie	Straty materialne
Pomijalne	Współczynnik strat wynoszący do 0,06 na 1000 osób narażonych	Wielkość strat do 1,5% rocznych wydatków budżetu jednostki samorządu terytorialnego, pomniejszonych o wydatki inwestycyjne, wydatki na wynagrodzenia i pochodne oraz wydatki na obsługę długu (lub trzykrotności rezerwy celowej na realizację zadań własnych z zakresu zarządzania kryzysowego)
Małe	Współczynnik strat większy od 0,06 i mniejszy niż 4,5 na 1000 osób narażonych	Wielkość strat do 3% rocznych wydatków budżetu jednostki samorządu terytorialnego (lub trzykrotności rezerwy ogólnej)* oraz większa od strat pomijalnych
Średnie	Współczynnik strat większy od 4,5 i mniejszy niż 8,5 na 1000 osób narażonych	Wielkość strat do 15% rocznych dochodów budżetu jednostki samorządu terytorialnego oraz większa od strat małych
Duże	Współczynnik strat większy od 8,5 i mniejszy niż 13 na 1000 osób narażonych	Wielkość strat do 50% rocznych dochodów budżetu jednostki samorządu terytorialnego oraz większa od strat średnich
Katastrofalne	Współczynnik strat większy od 13 na 1000 osób narażonych	Wielkość strat wyższa od 50% rocznych dochodów budżetu jednostki samorządu terytorialnego

\* W tym przypadku należy zwrócić szczególną uwagę, gdyż może dochodzić do sytuacji, w której wartości określone dla strat małych będą niższe od przyjętej wielkości strat pomijalnych.

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 2 przedstawia przykładowe rozwiązanie problemu wyznaczenia kategorii skutków zagrożeń. Stanowi jednocześnie objaśnienie wartości dla przypadku zawartego w aktywnym formularzu. W stosunku do strat ludzkich, rozumianych jako osoby zabite, zaginione oraz ranne wymagające kwalifikowanej pomocy lekarskiej, za punkt odniesienia przyjęto wskaźniki wypadków przy pracy (na 1000 osób). Z kolei straty materialne zostały określone w relacji do kategorii budżetowych JST, co pozwala uchwycić różnice możliwości finansowych poszczególnych samorządów. W celu przeprowadzenia analizy ryzyka poziomy skutków materialnych należy wyrazić w jednostce monetarnej. Trzeba pamiętać o tym, że w przypadku wystąpienia zagrożenia jedynie część strat obciążą budżet samorządu. Roczne dochody JST mogą ulegać istotnym fluktuacjom, zwłaszcza ze względu na różnice w dochodach majątkowych. Można starać się minimalizować wpływ tego zjawiska, odwołując się do średniej wartości z kilku ostatnich lat, wieloletniej prognozy finansowej lub eliminując nadzwyczajne wpływy z tego tytułu.

Jeżeli do graficznego przedstawienia wyniku analizy zamierza się wykorzystywać przede wszystkim matrycę ryzyka<sup>8</sup>, należy skorelować skalę przyjętą dla kategorii strat z określonymi poziomami ryzyka akceptowanego i tolerowanego. Uzyska się dzięki temu lepszą przejrzystość prezentowanych informacji. Właściwym rozwiązaniem wydaje się w takim przypadku określenie górnej granicy strat pomijalnych lub małych na poziomie skutków akceptowanych, średnich zaś – na pułapie ustalonym dla ryzyka tolerowanego.

Określenie skali pułapów prawdopodobieństwa i strat stanowi podstawę dla wyznaczenia kategorii ryzyka. W proponowanej technice, ze względu na możliwość oddziaływania na cele organizacji, wyróżnia się:

- Ryzyko minimalne – jest charakterystyczne dla zagrożeń bezpiecznych. Szanse, że wpłynie ono na realizację ważnych celów organizacji, są nieomal teoretyczne. Jednak skumulowane w czasie wystąpienie zagrożeń generujących ryzyko minimalne może wywrzeć wpływ na stopień realizacji dążeń organizacji.
- Ryzyko małe – szansa, że zagrożenie negatywnie wpłynie na realizację istotnych celów organizacji, jest niewielkie. Nawet jeśli potencjalne straty spowodowane przez zagrożenie mogą być znaczne, to prawdopodobieństwo jego wystąpienia jest nikłe.
- Ryzyko średnie – istnieje realne niebezpieczeństwo, że zagrożona zostanie realizacja co najmniej jednego podstawowego celu organizacji.
- Ryzyko duże – stanowi poważne niebezpieczeństwo dla osiągnięcia co najmniej kilku podstawowych celów organizacji i może skutkować koniecznością częściowej zmiany priorytetów.
- Ryzyko bardzo duże – uniemożliwia osiągnięcie podstawowych, najważniejszych celów organizacji oraz uderza w jej podstawowe wartości, wymusza zmianę priorytetów.

---

<sup>8</sup> Zgodnie z założeniami autora, w technice Analizy Zagrożenia Ludności i Mienia matryca stanowi tylko narzędzie pomocnicze, natomiast główną formą graficznej prezentacji uzyskanych rezultatów jest wykres ryzyka.

Tab. 3. Przykład określenia kategorii ryzyka dla strat ludzkich<sup>9</sup>

Kategoria prawdopodobieństwa	Zakres (w %)		Kategoria strat	Zakres (osoby zabite, zaginione i ranne*)		Ryzyko		Kategoria ryzyka
	od	do		od	do	od	do	
Minimalne	0	4	Pomijalne	0	3	0	0,120	Minimalne
Małe	4	10	Małe	3	8	0,120	0,800	Małe
Średnie	10	20	Średnie	8	40	0,800	8,000	Średnie
Duże	20	80	Duże	40	60	8,000	48,000	Duże
Bardzo duże	80	100	Katastrofalne	60		48,000	189,000	Bardzo duże

\* Ranni – osoby wymagające kwalifikowanej pomocy lekarskiej lub hospitalizacji.

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 3 prezentuje przykład wyznaczenia pułapów kategorii ryzyka dla strat ludzkich. Stanowią one iloczyn minimalnych i maksymalnych wartości przyjętych dla poszczególnych poziomów prawdopodobieństwa wystąpienia zagrożenia oraz jego negatywnych skutków – w postaci liczby osób zabitych, zaginionych i rannych. W podobny sposób należy wyznaczyć je dla strat materialnych. Jeśli przyjęte przedziały nie do końca odpowiadają opisowi kategorii ryzyka, należy dokonać modyfikacji w tym względzie w taki sposób, aby uzyskać satysfakcjonujący rezultat.

### Sposób szacowania ryzyka

W technikach probabilistycznych ryzyko wyznacza się jako iloczyn prawdopodobieństwa zajścia zdarzenia oraz jego potencjalnych skutków. Trafne określenie prawdopodobieństwa<sup>10</sup> wystąpienia zagrożenia nie jest zadaniem oczywistym, a popełniona tu pomyłka może obarczyć wynik analizy ryzyka znaczącym błędem. Mając do czynienia z zagrożeniem, którego prawdopodobieństwo wynosi 0,01, oczekuje się, że wystąpi ono średnio raz na 100 lat. W perspektywie trzech wieków może więc zmaterializować się po 50, 110 oraz 150 latach, by przez następne półtora stulecia już się nie wydarzyć. Dlatego też należy szacować prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia w perspektywie czasowej, która została

<sup>9</sup> Objaśnienie przyjętych kategorii prawdopodobieństwa, jak również kategorii strat, znajduje się, odpowiednio, w tabelach 1 oraz 2. Dla potrzeb przykładu przyjęto liczbę mieszkańców JST na poziomie około 5 tys. osób.

<sup>10</sup> Prawdopodobieństwo – w dużym uproszczeniu – służy mierzeniu szansy zajścia określonego zdarzenia. Klasyczna definicja prawdopodobieństwa wskazuje, że „jeżeli zdarzenie E rozkłada się na  $n$  wykluczających się wzajemnie i jednakowo możliwych zdarzeń elementarnych, spośród których  $m$  sprzyja zajściu interesującego nas zdarzenia A, to prawdopodobieństwem zdarzenia A nazywa się ułamek, w którego liczniku znajduje się liczba zdarzeń sprzyjających zajściu zdarzenia A, a w mianowniku liczba wszystkich możliwych zdarzeń” (Hellwig 1998, s. 41).



przyjęta dla planu zarządzania kryzysowego. Nie należy jej utożsamiać z cyklem planowania, który zgodnie z art. 5 ust. 3 Ustawy o zarządzaniu kryzysowym nie może być dłuższy niż dwa lata<sup>11</sup>.

W większości przypadków, dla prawidłowego oszacowania prawdopodobieństwa zagrożenia, właściwe będzie wykorzystanie zmodyfikowanego wzoru Bernoulliego<sup>12</sup>, który umożliwi określenie szansy jego wystąpienia w określonym przedziale czasu. Mając na uwadze to, że prawdopodobieństwo zagrożenia  $A$  w okresie  $n$  lat wynosi  $P(A)$ , a prawdopodobieństwo zdarzenia przeciwnego  $A'$  jest równe  $1 - P(A)$ , to wzór przybierze formę<sup>13</sup>:

$$P(A) = 1 - (1 - y)^n \quad (1.0)$$

gdzie:

$P(A)$  – prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia  $A$  w okresie  $n$

$y$  – częstość występowania zagrożenia  $A$

$n$  – perspektywa czasowa, w której ma wystąpić zagrożenie  $A$

Ustalenie prawdopodobieństwa wystąpienia zagrożenia, przy wykorzystaniu wyżej wskazanego wzoru, wymaga jedynie określenia jego częstości<sup>14</sup> rozumianej jako liczba lat, w których ono wystąpiło, w stosunku do łącznie rozpatrywanego okresu, oraz wyznaczenia perspektywy czasowej analizy. W Stanach Zjednoczonych i Kanadzie wartość ryzyka opiera się na pomiarach nawet z ostatnich 100 lat (Gołębiewski 2011). Przyjęcia aż tak długiego przedziału czasowego może być kłopotliwe dla prowadzonej analizy. Niemniej rozpatrzyć należy co najmniej okres kilkunastu (dla niektórych zagrożeń może to być zbyt krótka perspektywa), a najlepiej kilkudziesięciu ostatnich lat. Jednocześnie trzeba zwró-

<sup>11</sup> Dz.U. Nr 89, poz. 590.

<sup>12</sup> Schemat Bernoulliego to ciąg niezależnych powtórzeń prób Bernoulliego, czyli doświadczenia, w którym można otrzymać tylko jeden z dwóch możliwych wyników. Pierwszy z nich nazywa się sukcesem, a drugi porażką. Jeżeli prawdopodobieństwo sukcesu wynosi  $p$ , to prawdopodobieństwo porażki  $q = 1 - p$ . Umożliwia on określenie szansy uzyskania określonej liczby sukcesów ( $k$ ) przy założeniu, że wyniki kolejnych prób są zdarzeniami niezależnymi. W schemacie Bernoulliego prawdopodobieństwo uzyskania dokładnie  $k$  sukcesów w  $n$  próbach oblicza się ze wzoru:

$$P(k) = \binom{n}{k} p^k q^{n-k} \quad \text{dla } q = 1 - p$$

gdzie:

$k$  – liczba sukcesów

$n$  – liczba prób

$p$  – prawdopodobieństwo sukcesu

$q$  – prawdopodobieństwo porażki (szerzej: Stankiewicz, Wilczek 2000)

<sup>13</sup> Mając na względzie, że  $P(A) = 1 - P(A')$ , zaś  $P(A') = \binom{n}{k} p^k \cdot q^{n-k}$  oraz że dla zdarzenia  $A'$   $n = k$ , zaś  $p = 1 - y$ , można uprościć wzór do postaci:

$$P(A) = 1 - \left( \binom{n}{k} p^k \cdot q^{n-k} \right) = 1 - \left( 1 \cdot (1 - y)^n \cdot q^0 \right) = 1 - (1 - y)^n$$

<sup>14</sup> Częstość, określana również prawdopodobieństwem *a posteriori*, jest liczbą otrzymaną z doświadczenia, w przeciwieństwie do prawdopodobieństwa obliczanego *a priori*.

cić uwagę, czy interwał zachodzenia interesujących nas zdarzeń nie zmienia się, a zwłaszcza nie ulega skróceniu. Takie zjawisko może stanowić przesłankę do przyjęcia większej częstości występowania zagrożenia, co z kolei pozwoli bardziej dynamicznie ująć prawdopodobieństwo jego zajścia<sup>15</sup>.

Za wystąpienie zagrożenia powinno uznawać się zajście incydentu je inicjującego, mogącego potencjalnie wywołać straty określonego rodzaju i skali. Negatywne skutki nie muszą się jednak urzeczywistnić lub mogą pojawić się w mniejszych rozmiarach – zwłaszcza jeśli jest to rezultatem działań podejmowanych w celu wyeliminowania lub ograniczenia strat albo po prostu wynika ze szczęśliwego zbiegu okoliczności. Za wystąpienie zagrożenia można także przyjąć wydanie przez uprawniony organ<sup>16</sup> ostrzeżenia o groźbie zajścia danego zjawiska na określonym terenie.

Wyznaczając perspektywę czasową, dla której obliczone zostanie prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia, powinno się uwzględnić nie tylko przyjęty okres analizy prospektywnej ( $N$ ), lecz również czas, jaki upłynął od roku, kiedy po raz ostatni na danym terenie miało ono miejsce ( $r_1 - r_2$ ). Stąd też:

$$n = N + (r_1 - r_2) \quad (1.1)$$

gdzie:

$N$  – okres analizy prospektywnej

$r_1$  – rok przeprowadzenia analizy

$r_2$  – ostatni rok wystąpienia zagrożenia  $A$

Wynika to z faktu, że niewystąpienie zagrożenia przez np. trzynaście lat z rzędu jest mniej prawdopodobne niż w ciągu dziesięciu lat. Jeśli nie uwzględni się powyższej zależności, zwłaszcza wobec dwuletniego cyklu planowania zarządzania kryzysowego w JST, to rezultat szacowania może okazać się błędny. Stanowi to również warunek bardziej dynamicznego ujęcia prawdopodobieństwa wystąpienia zagrożeń<sup>17</sup>.

<sup>15</sup> Przykład: założmy, że w roku 2012 dokonujemy oszacowania prawdopodobieństwa wystąpienia pewnego zagrożenia. Z zebranych danych wynika, że w okresie 30 lat zagrożenie wystąpiło czterokrotnie, w tym po raz ostatni w roku 2010. Jednak w ciągu poprzedzającej analizę dekady okres powtarzalności zmniejszył się z ok. 10 do 5 lat. Zjawisko to daje podstawę do przyjęcia na potrzeby szacowania mniejszej wartości dla częstotliwości zagrożenia. Oznacza to, że w perspektywie 5 lat prawdopodobieństwo jego wystąpienia wyniesie 79,03% dla pięcioletniego okresu powtarzalności (dla dziesięcioletniej częstości byłoby to 52,17%).

<sup>16</sup> Przykładowo, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej wydaje ostrzeżenia hydrologiczne i meteorologiczne. Klasyfikację stopni zagrożeń groźnych zjawisk meteorologicznych można odnaleźć pod adresem: [http://www.imgw.pl/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=324](http://www.imgw.pl/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=324), a stopni zagrożenia hydrologicznego na stronie: [http://www3.imgw.pl/wl/internet/zz/zagrozenia/\\_ost\\_hydr/stopnieizjawiska.html](http://www3.imgw.pl/wl/internet/zz/zagrozenia/_ost_hydr/stopnieizjawiska.html). Z kolei informacje o zagrożeniu pożarowym lasów dostępne są na stronie internetowej Lasów Państwowych pod adresem: [http://www.lasy.gov.pl/onas/gospodarka\\_lesna/ochrona-lasu/zagrozenie-pozarowe](http://www.lasy.gov.pl/onas/gospodarka_lesna/ochrona-lasu/zagrozenie-pozarowe).

<sup>17</sup> Przykład: założmy, że w roku 2010 dokonujemy oszacowania prawdopodobieństwa wystąpienia pewnego zagrożenia. Z przeprowadzonych badań wynika, że w okresie ostatnich 30 lat dane zagrożenie wystąpiło pięciokrotnie z podobną częstotliwością, w tym ostatni raz w roku 2009. Stosując zaproponowane w artykule wzory, możemy obliczyć, że w perspektywie 5 lat

Technicznie wzór 1.0 pozwala wyznaczyć prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia dla każdej wartości  $n$ . Należy mieć jednak na uwadze, że wraz z wydłużeniem perspektywy czasowej analizy wzrasta prawdopodobieństwo, że zagrożenie urzeczywistni się – dla długich okresów  $n$  może ono osiągać wartość bliską 100%. Autor przyjął, że podmiot przeprowadzający szacowanie ryzyka samodzielnie określi perspektywę czasową analizy prospektywnej, mając na względzie planowane do pozyskania i potrzebne mu dane<sup>18</sup>.

W przypadku niektórych zagrożeń zastosowanie wzoru 1.0 nastęrcza trudności. Dotyczy to zwłaszcza zdarzeń występujących bardzo rzadko lub niemających dotąd miejsca, dla których problem stanowi wyznaczenie częstości ich zachodzenia. Przykład stanowią tu takie zdarzenia, jak: katastrofy naturalne znacznych rozmiarów – w tym mogące prowadzić do stanu klęski żywiołowej, awarie instalacji technicznych czy ataki terrorystyczne. W przypadku tego typu zagrożeń można przyjąć kilka sposobów postępowania<sup>19</sup>.

Po pierwsze, dokonać uproszczenia wzoru 1.0 do postaci:

$$P(A) = 1 - (1 - p)^N \quad (1.2)$$

gdzie:

$P(A)$  – prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia  $A$  w okresie  $N$

$p$  – prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia  $A$  (wyrażone ułamkiem np.  $p = 0,1$ )

$N$  – okres analizy prospektywnej

W miejsce częstości należy przyjąć wielkość prawdopodobieństwa wystąpienia zagrożenia oraz ustalić długość okresu analizy prospektywnej. Poprawność wyniku w dużej mierze zależy więc tutaj od trafności wyznaczenia prawdopodobieństwa zajścia zagrożenia. W przypadku katastrof naturalnych, występujących bardzo rzadko, ale prowadzących do znacznych strat w ludziach i poważnych szkód materialnych, bezpieczne wydaje się przyjęcie jego wielkości w przedziale od 0,01 do 0,005. Z kolei szacując prawdopodobieństwo poważnej awarii przemysłowej<sup>20</sup>, w zakładach zakwalifikowanych do grupy podmiotów o dużym lub zwiększonym ryzyku jej wystąpienia, można odwołać się do kalkulacji przedsta-

---

od daty dokonania oszacowania prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia wynosi 66,51%. Następnie założmy, że ponownie dokonujemy analizy w roku 2012. Nadal w okresie ostatnich 30 lat zagrożenie wystąpiło pięciokrotnie z podobną częstością, a ostatnim razem w roku 2009. Prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia, w okresie pięciu następnych lat, wyniesie wówczas 76,74%.

<sup>18</sup> Należy w tym miejscu zaznaczyć, że technika PPHA pozwala nie tylko określić, że zagrożenie prawdopodobnie wydarzy się w okresie analizy prospektywnej, lecz również, że może wystąpić większą ilość razy (patrz: wzór 1.3).

<sup>19</sup> Proponowane w artykule rozwiązania z założenia mają być możliwie proste, oprócz nich można oczywiście zastosować bardziej skomplikowane techniki szacowania prawdopodobieństwa wystąpienia zagrożenia.

<sup>20</sup> Zgodnie z Ustawą Prawo ochrony środowiska, z dnia 27 kwietnia 2001 r. pod pojęciem awarii przemysłowej rozumie się „zdarzenie, w szczególności emisję, pożar lub eksplozję, powstałe w trakcie procesu przemysłowego, magazynowania lub transportu, w których występuje jedna lub więcej niebezpiecznych substancji, prowadzące do natychmiastowego powstania zagro-

wionej przez przedsiębiorstwo w programie zapobiegania awariom, wymaganym na mocy art. 251 Ustawy Prawo ochrony środowiska<sup>21</sup>. W sytuacji, gdy dane tam przedstawione wydają się zbyt optymistyczne lub zamierza się rozpatrzyć najgorszy potencjalny scenariusz, praktycznym rozwiązaniem może być zaostrezenie wskazanego poziomu prawdopodobieństwa o rząd wielkości.

Technika PPHA pozwala także obliczyć prawdopodobieństwo wystąpienia danego zagrożenia dla różnych częstości – jeśli zakładamy, że ulegnie ona zmianie w okresie analizy prospektywnej. W efekcie otrzymujemy przedział prawdopodobieństwa wystąpienia zagrożenia, co skutkuje możliwością wyznaczenia dla niego przedziału generowanego ryzyka. Wykorzystując technikę PPHA, mamy również możliwość korygowania prawdopodobieństwa wystąpienia zagrożenia już w czasie trwania okresu analizy prospektywnej na podstawie doświadczenia *a posteriori*<sup>22</sup>.

Oszacowanie wielkości strat materialnych, będących następstwem wystąpienia zagrożenia, nie jest zadaniem łatwym. Wielkość majątku ludności narażonej, jak również wartość środków trwałych przedsiębiorstw i innych podmiotów, które znajdują się w strefie zagrożenia, ulega nieustannej zmianie. Koniunktura na rynku nieruchomości ma duże znaczenie dla wyceny tego majątku. Bardzo wiele zmiennych wywiera wpływ na potencjalną skalę strat, w tym różna podatność poszczególnych obiektów na zagrożenie. Ponadto w szacunku należy uwzględnić nie tylko bezpośrednie skutki materialne, takie jak straty w infrastrukturze, przyrodzie, uszkodzenia obiektów oraz utratę ruchomości, lecz również zmniejszone przychody, utracone wpływy do budżetu JST czy zwiększone wydatki na zwalczanie bezrobocia i pomoc społeczną (Grocki 2012).

Możliwość szacowania strat w przybliżeniu – z dokładnością do przedziału – stanowi istotne ułatwienie w wyznaczaniu ryzyka. Tabela 4 przedstawia przedziały strat materialnych dla pięciu przykładowych zagrożeń, przy danym prawdopodobieństwie ich wystąpienia, dla określonej wcześniej skali ryzyka (zob. tab. 3). Oblicza się je jako iloraz wartości progowych dla poszczególnych kategorii ryzyka i wyznaczonego prawdopodobieństwa zajścia zdarzenia<sup>23</sup>, skorygowanego o częstość występowania zagrożenia.

---

zenia życia lub zdrowia ludzi lub środowiska lub powstania takiego zagrożenia z opóźnieniem”. Dz.U. 2001, Nr 62, poz. 627, ze zm.

<sup>21</sup> Dz.U. 2001, Nr 62, poz. 627, ze zm.

<sup>22</sup> Dysponując wiedzą, wynikającą z zaistniałych zdarzeń, można modyfikować (w tab. 3 oraz 8 aktywnego formularza) okres powtarzalności i ostatni rok wystąpienia zagrożenia, co wpłynie na wielkość prawdopodobieństwa jego zajścia w przyszłości. Możliwa jest również modyfikacja okresu analizy i roku jej dokonywania. Należy mieć jednak świadomość, że w praktyce doprowadzi to do przesunięcia okresu analizy.

<sup>23</sup> W technice PPHA możliwość dość wiarygodnego określenia prawdopodobieństwa wystąpienia zagrożenia umożliwia wyznaczenie dla niego przedziałów strat dla poszczególnych kategorii ryzyka.

Tab. 4. Przedziały strat dla zagrożenia, przy danym prawdopodobieństwie jego wystąpienia, dla poszczególnych kategorii ryzyka<sup>24</sup>

Zagrożenie	Powódź roztopowa	Powódź zalewowa	Huraganowe wiatry	Choroba zwierniąt o dużej zaraźliwości	Awaria z uwolnieniem substancji chemicznej	Katastrofa budowlana – szkody górnicze
Prawdopodobieństwo wystąpienia	93,13%	2,00%	98,27%	59,22%	5,00%	76,98%
minimalne	od 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
małe	do 64,4	6 000,0	36,6	202,6	2 400,0	124,7
średnie	do 483,2	45 000,0	274,8	1 519,8	18 000,0	935,3
duże	do 8 232,6	766 690,0	4 681,3	25 894,2	306 676,0	15 935,2
bardzo duże	do 109 807,5	10 226 160,0	62 439,8	25 894,2	4 090 464,0	212 544,4
Maks. ryzyko akceptowane	4 832,1	450 000,0	2 747,6	15 198,3	180 000,0	9 353,0
Maks. ryzyko tolerowane	10 201,0	950 000,0	5 800,6	32 085,3	380 000,0	19 745,2

Źródło: opracowanie własne.

<sup>24</sup> Dane wejściowe do tabeli są zawarte w tabelach 1–4 w aktywnym formularzu, stanowiącym uzupełnienie artykułu. Patrz przyp. 1, s. 39.

W ten sam sposób dokonuje się również kalkulacji dla strat ludzkich. Zadaniem podmiotu szacującego wielkość negatywnych skutków, spowodowanych przez analizowane zagrożenie, jest więc ustalenie, w którym z tak określonych przedziałów zawrze się wartość potencjalnych strat. Następnie należy wskazać, czy będą one większe od maksymalnego poziomu właściwego dla ryzyka akceptowanego i tolerowanego – przy danym prawdopodobieństwie zajścia zdarzenia – oraz przyjęcie ich konkretnej wartości w tak zakreślonych granicach.

### Przykład:

Dla powodzi roztopowej, której prawdopodobieństwo wystąpienia wynosi 93,13%, wyznaczono przedziały strat materialnych, takie jak wskazuje tabela 4. Podmiot przeprowadzający analizę ustalił, że wartość negatywnych skutków na pewno zawrze się w kwocie od 8 233 tys. do 109 807 tys. zł. Nie rozstrzyga to jednak, czy w efekcie będziemy mieli do czynienia z ryzykiem tolerowanym. Stąd też należy uściślić szacunek. Jeśli straty przyjmą wielkość nie większą niż 10 201 tys. zł, wówczas generowane ryzyko będzie miało charakter tolerowany. Przyjęcie konkretnej jego wartości w tym przedziale nie spowoduje zakwalifikowania zagrożenia do błędnej kategorii ryzyka ani niewłaściwego określenia jego poziomu.

Problem może wystąpić wówczas, gdy szacowany zakres wielkości skutków zdarzenia obejmuje więcej niż jeden z wyznaczonych przedziałów dla przyjętej skali ryzyka. W takim przypadku należy dokonać obliczeń, zakładając, że straty osiągną wartość z przedziału najwyższego. Jednocześnie niewłaściwe jest automatyczne przyjmowanie dla zagrożenia maksymalnej wartości negatywnych skutków dla danego przedziału, gdyż przy dużym jego zakresie może to doprowadzić do znaczącego przeszacowania ryzyka. Nie zmieni to jednak faktu, że jego kategoria zostanie określona właściwie.

Po ustaleniu prawdopodobieństwa wystąpienia analizowanych zagrożeń oraz określeniu potencjalnych strat ludzkich i materialnych, do których są w stanie doprowadzić, można przystąpić do wyznaczenia generowanego przez nie ryzyka. W związku z tym, że w prezentowanej technice jest ono szacowane dla przyjętej perspektywy planowania, nie można do obliczeń zastosować wzorów wykorzystywanych w jakościowych i ilościowych, probabilistycznych metodach oceny ryzyka (Walas-Trębacz, Ziarko 2011). W przypadku niektórych zagrożeń ich wystąpienie jest nie tylko nieomal pewne (prawdopodobieństwo bliskie 100%), lecz mogą one zdarzyć się kilkukrotnie w okresie analizy prospektywnej. Dlatego też w celu obliczenia wysokości ryzyka, należy zastosować wzór:

$$R = \frac{N}{y} \times P(A) \times S(A) \quad (1.3)$$

gdzie:

$R$  = wartość ryzyka generowanego przez zagrożenie  $A$  dla przyjętego okresu analizy

$N$  – okres analizy prospektywnej

$y$  – częstość występowania zagrożenia  $A$

$P(A)$  – prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia  $A$  w okresie  $N$

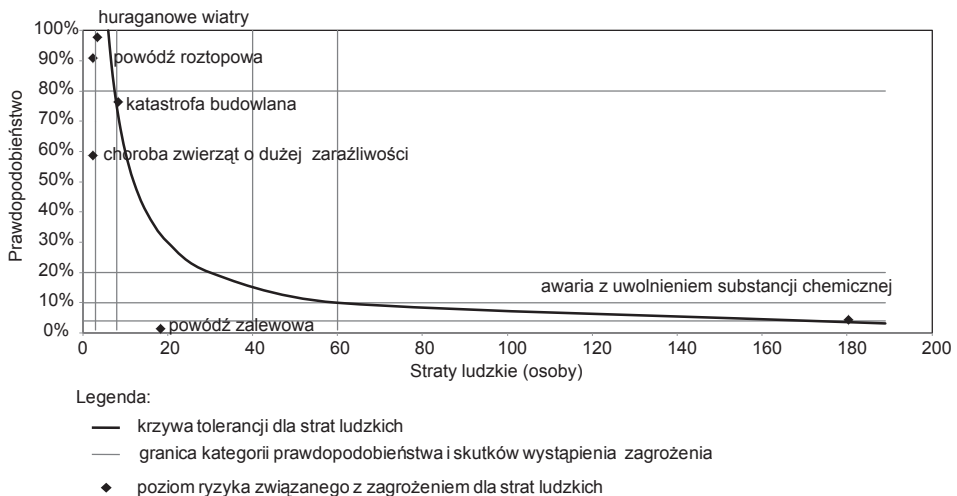
$S(A)$  – straty związane z wystąpieniem zagrożenia  $A$

Powyższe rozwiązanie pozwala określić skumulowane ryzyko dla zagrożeń, które mogą wystąpić kilkukrotnie w okresie analizy. Umożliwia ono trafniej podejmować decyzję o ewentualnych działaniach zmierzających do jego wyeliminowania lub minimalizacji.

W proponowanej technice pułap ryzyka dla każdego rozpatrywanego zdarzenia wyznacza się oddzielnie dla strat ludzkich oraz materialnych. Jeżeli chociaż w jednym z tych dwóch przypadków jest on większy od wartości uznanej za akceptowaną lub tolerowaną, to ryzyko generowane przez dane zagrożenie nie może zostać tak zakwalifikowane. Jednocześnie przypisuje się dla przedmiotu analizy wyższą spośród kategorii ryzyka uzyskanych dla strat ludzkich oraz szkód materialnych<sup>25</sup>.

### Graficzna prezentacja wyników w technice Analizy Zagrożenia Ludności i Mienia

Graficzna prezentacja rezultatów analizy nie tylko pozwala przedstawić je w formie ułatwiającej ich percepcję. Podstawowym, stosowanym w tym celu rozwiązaniem jest dla prezentowanej techniki wykres ryzyka. Przedstawia on poziom ryzyka generowanego przez zagrożenie, przy założeniu jego jednokrotnego wystąpienia w analizowanym okresie. Może on zostać wygenerowany oddzielnie dla strat ludzkich (zob. ryc. 1) lub szkód materialnych, a także w nieco bardziej złożonej formie dla obu z nich jednocześnie (zob. ryc. 2).



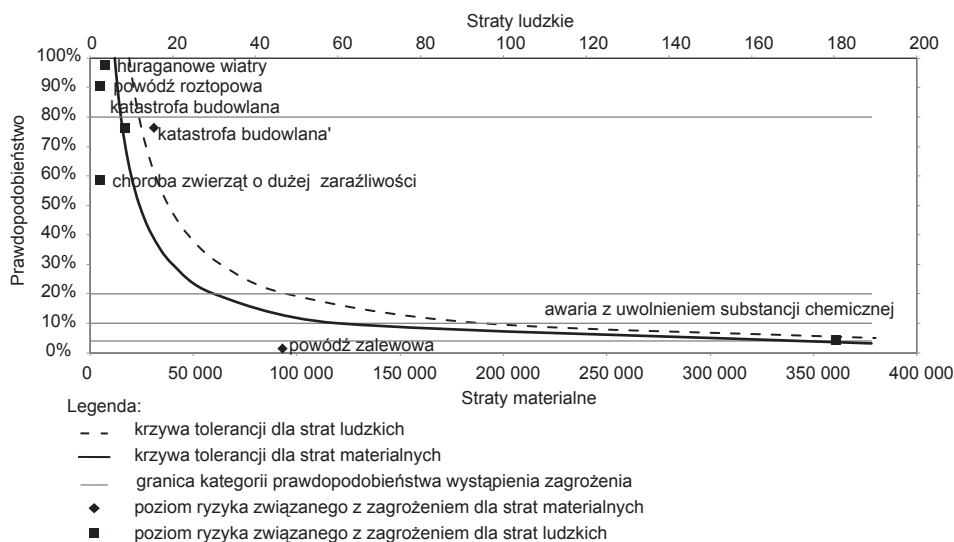
Ryc. 1. Przykładowy wykres ryzyka dla strat ludzkich<sup>26</sup>

Źródło: opracowanie własne.

<sup>25</sup> Przykładowo, jeżeli ryzyko związane ze skutkami materialnymi zakwalifikowano jako małe, odnoszące się zaś do strat ludzkich oceniono na średnie, to należy uznać, że zagrożenie generuje średnie ryzyko.

<sup>26</sup> Wykres został wygenerowany na podstawie danych zawartych w tabelach 6–8 umieszczonych w aktywnym formularzu dołączonym do artykułu.

Krzywe tolerancji łączą na wykresie punkty o tym samym poziomie ryzyka – którego wysokość uznano za możliwą do przyjęcia. Dzielą w ten sposób obszar kreślenia na strefę ryzyka tolerowanego (obejmującą krzywą i przestrzeń poniżej niej) oraz nietolerowanego (znajdującą się powyżej krzywej). Jak wskazuje rycina 1, biorąc pod uwagę wyłącznie potencjalne straty ludzkie, wszystkie zagrożenia z wyjątkiem awarii z uwolnieniem substancji chemicznej, generują ryzyko o poziomie tolerowanym (znajdują się poniżej krzywej).



Ryc. 2. Przykładowy, syntetyczny wykres ryzyka dla strat ludzkich oraz materialnych<sup>27</sup>

Źródło: opracowanie własne.

Rycina 2 stanowi reasumpcję przeprowadzonej analizy i w sposób syntetyczny prezentuje jej wynik. Jej zadaniem jest zobrazowanie przede wszystkim ryzyk przekraczających poziom tolerowany<sup>28</sup>. Jeżeli w przypadku rozpatrywanego zagrożenia poziom ten zostanie przekroczony jedynie dla strat ludzkich albo szkód materialnych, to ryzyko będzie jednokrotnie odpowiednio zobrazowane na wykresie. Przykładowo dla awarii z uwolnieniem substancji chemicznej, uwidocznionej na rycinie 2, ryzyko przekracza poziom tolerowany jedynie dla strat ludzkich. Dlatego też powyższe zagrożenie tylko w tym zakresie zostało ujęte na wykresie.

W przypadku, gdy dla danego zdarzeniem, ryzyko przekracza poziom tolerowany zarówno dla strat materialnych, jak i ludzkich, to jest ono uwidocznione na

<sup>27</sup> Wykres wygenerowano na podstawie danych zawartych w tabelach 11–13 umieszczonych w aktywnym formularzu dołączonym do artykułu. Jednocześnie tabela 13 zbiorczo przedstawia wartość ryzyka dla strat ludzkich oraz materialnych dla wszystkich analizowanych zagrożeń oraz rodzaj generowanego przez nie ryzyka.

<sup>28</sup> Na wykresie ryzyka takie są położone powyżej krzywej tolerancji ryzyka (odpowiednio dla strat ludzkich lub materialnych).



wykresie dwukrotnie, jako zagrożenie A i A' (np. katastrofa budowlana i katastrofa budowlana').

Z kolei w sytuacji, gdy wystąpienia zagrożenia można spodziewać się kilkakrotnie w przyjętym okresie planowania, to skumulowane ryzyko z nim związane może przekraczać poziom tolerowany. W takiej sytuacji jego nazwa zaznaczona jest na wykresie wytłuszczoną czcionką. Jeżeli dla analizowanego zagrożenia ryzyko nie przekracza poziomu tolerowanego ani dla strat ludzkich, ani dla szkód materialnych, to na rycinie zostanie zaprezentowana wielkość ryzyka dla strat ludzkich.

Szczególne uwagę należy zwrócić na ryzyka, które położone są blisko właściwej krzywej tolerancji. W ich przypadku trzeba ponownie sprawdzić, czy przyjęta wartość prawdopodobieństwa oraz strat została wyznaczona poprawnie.

Matryca ryzyka może być zastosowana jako pomocniczy sposób zobrazowania wyników analizy. Jest szczególnie przydatna, gdy duża liczba ryzyk koncentruje się w jednym obszarze omawianego wcześniej wykresu. Autor proponuje zastosowanie matrycy 25-częściowej, w której pole może reprezentować więcej niż jeden rodzaj kategorii ryzyka<sup>29</sup>.

### **Metoda Wstępnej Analizy Zagrożeń a technika Analizy Zagrożenia Ludności i Mienia**

Po przedstawieniu nowej koncepcji szacowania ryzyka nadszedł moment, by zadać zasadnicze pytanie: dlaczego autor uważa, że korzystanie z techniki Analizy Zagrożenia Ludności i Mienia w celu oszacowania ryzyka w zarządzaniu kryzysowym jest rozwiązaniem lepszym od zastosowania bardzo popularnej metody, jaką stanowi Wstępna Analiza Zagrożeń? Niewątpliwie PPHA jest rozwiązaniem nieco bardziej skomplikowanym niż PHA. Niemniej powodów, by wprowadzić zmianę, istnieje co najmniej kilka.

Przede wszystkim należy mieć na uwadze fakt, że metoda PHA – jak sama jej nazwa wskazuje – nigdy nie miała służyć dokładnej analizie ryzyka<sup>30</sup>. Najczęściej wykorzystywanym w niej narzędziem, służącym do jego szacowania, jest matryca ryzyka. Pozwala ona na przypisanie poszczególnym zagrożeniom rang (wyrażonych liczbą naturalną) ze względu na wielkość generowanego ryzyka. Uzyskiwana informacja jest jednak bardzo ogólna i co prawda pozwala zidentyfikować istotne zagrożenia, ale słabo wspiera decyzję o wyborze strategii oddziaływania na ryzyko<sup>31</sup>.

<sup>29</sup> Przykłady matryc ryzyka, wraz z opisem znaczenia rodzajów pól, można znaleźć w przygotowanym jako uzupełnienie artykułu aktywnym formularzu w programie MS Excel.

<sup>30</sup> Wstępna Analiza Zagrożeń jest zasadniczo metodą jakościową, która ma być wykorzystywana w początkowej fazie projektowania, programowania lub planowania, gdy szczegółowe dane nie są jeszcze dostępne. Za cel stawia się tu jak najszybszą identyfikację i wstępną analizę potencjalnych zagrożeń, które w późniejszej fazie mają być poddane bardziej wnikliwej ocenie – przy wykorzystaniu innych technik (Clifton 2005).

<sup>31</sup> Przykładowo, jeżeli ryzyko wynosi 8, nie ułatwia to dokonania oceny, czy warto wydać np. kilkadziesiąt tysięcy złotych, aby je zredukować.

Przeprowadzający ocenę ryzyka starają się wyeliminować powyższy problem, przekształcając PHA w metodę ilościową – określając ilościowo kategorie prawdopodobieństwa i strat. Przyjęcie takiego rozwiązania generuje trzy problemy. Po pierwsze, PHA nie wskazuje, w jaki sposób ustalić wielkość prawdopodobieństwa wystąpienia zagrożenia, co nie sprzyja ograniczeniu błędu szacowania. Po drugie, nierzadko w macyrycy uzyskiwane są kuriozalne wyniki, sprzeczne z podstawową zasadą, zgodnie z którą dane mają wspierać podejmowanie trafnych i racjonalnych decyzji.

Prawdopodobieństwo	5 prawie pewne (81–100%)	5	10	15	20	25
	4 prawdopodobne (61–80%)	4	8	12	16	20
	3 średnie (41–60%)	3	6	9	12	15
	2 mało prawdopodobne (21–40%)	2	4	6	8	10
	1 rzadkie (0–20%)	1	2	3	4	5
Legenda:		1	2	3	4	5
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 15%;"> <div style="background-color: #333; width: 15px; height: 10px; margin-bottom: 5px;"></div> Ryzyko duże           <div style="background-color: #ccc; width: 15px; height: 10px; margin-bottom: 5px;"></div> Ryzyko średnie           <div style="background-color: #999; width: 15px; height: 10px; margin-bottom: 5px;"></div> Ryzyko małe         </div> <div style="width: 85%;"> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">nieznaczne do 100 PLN</td> <td style="width: 15%;">małe od 100 do 1000 PLN</td> <td style="width: 15%;">średnie od 1000 do 100 000 PLN</td> <td style="width: 15%;">poważne od 100 000 do 500 000 PLN</td> <td style="width: 15%;">katastrofalne od 500 000 PLN</td> </tr> </table> </div> </div>		nieznaczne do 100 PLN	małe od 100 do 1000 PLN	średnie od 1000 do 100 000 PLN	poważne od 100 000 do 500 000 PLN	katastrofalne od 500 000 PLN
nieznaczne do 100 PLN	małe od 100 do 1000 PLN	średnie od 1000 do 100 000 PLN	poważne od 100 000 do 500 000 PLN	katastrofalne od 500 000 PLN		
Oddziaływanie						

Ryc. 3. Przykładowa macyryca ryzyka

Źródło: opracowanie na podstawie: Ministerstwo Finansów RP 2007.

Odwołując się do macyrycy z ryciny 3, można zauważyć, że tej samej wielkości ryzyka mają przypisane różne rangi i/lub kwalifikowane są do odmiennych kategorii<sup>32</sup>. Problem ten występuje również wówczas, gdy wykorzystuje się PHA jako metodę czysto jakościową. Jest jednak wówczas trudniejszy do dostrzeżenia.

Po trzecie, wszystkie zagrożenia ujęte w ramach jednego pola macyrycy muszą należeć do tej samej kategorii ryzyka. Nie ma więc tu możliwości dokonania dysfunkcji, nawet jeśli różnice w jego poziomie są znaczące i uzasadniają przyjęcie odmiennych strategii postępowania.

Ponadto właściwe ustalenie potencjalnej wielkości strat, generowanej przez zagrożenie, nie jest zadaniem łatwym. Dodatkowo w przypadku Wstępnej Analizy Zagrożeń, gdy dokonuje się ich jednoczesnego szacowania w aspekcie materialnym i ludzkim, łatwo jest zakwalifikować straty do błędnej kategorii.

<sup>32</sup> Przykładowo założmy, że dla zagrożenia A przyjęto straty na poziomie 400 tys. zł i prawdopodobieństwo równe 35%. Wartość ryzyka wynosi więc w tym przypadku 140 tys. zł (zakwalifikowano jako ryzyko średnie, ranga = 8). Z kolei zagrożenie B niesie ze sobą potencjalne straty równe 200 tys. zł z prawdopodobieństwem 70%. Generuje więc ryzyko równe 140 tys. zł (zakwalifikowano jako ryzyko duże, ranga = 16).

Zastosowanie proponowanej w artykule techniki pozwala ograniczyć wpływ błędu kalkulacji na poprawność wyniku analizy. Ułatwia również jej przeprowadzenie, gdyż stosunkowo prosto można tu określić wymagane dane wejściowe, w tym szacować poziom strat z dokładnością do przedziału. Dla przeprowadzenia wartościowania i oceny zagrożeń nie wymaga ona także precyzyjnego określenia kilkudziesięciu zmiennych, które należałoby wziąć pod uwagę, dokonując analizy (Kosowski 2006; Borysiewicz, Furtek, Potempski 2000). Umożliwia ona przeprowadzenie analizy odrębnie dla strat ludzkich i materialnych. Jednocześnie pozwala wyrazić wielkość ryzyka w postaci wartości liczbowej. Stwarza tym samym szansę rozróżnienia i gradacji jego poziomu w ramach jednej kategorii. Dostarcza również bardziej przydatnych danych z punktu widzenia wyboru strategii oddziaływania na ryzyko. Ułatwia porównanie kosztów i korzyści konkretnej decyzji w tym zakresie oraz pozwala dokładniej określić wielkość ryzyka rezydualnego. Technika PPHA umożliwia ponadto dynamiczne ujęcie prawdopodobieństwa wystąpienia zagrożenia i eliminuje wyżej opisane problemy pojawiające się przy korzystaniu z tradycyjnej maczyzy ryzyka.

## Podsumowanie

Zaprezentowana w artykule technika skupiona jest na analizie ryzyka w przyjętej perspektywie czasowej planowania – co stanowi jej cechę charakterystyczną. Nie wymaga trudno dostępnych ani niezwykle dokładanych danych, aby umożliwić poprawne zakwalifikowanie zagrożenia do właściwej kategorii ryzyka. Ogranicza tym samym błąd szacowania. Dzięki dostępności aktywnego formularza w arkuszu kalkulacyjnym znacząco ułatwia oraz skraca czas dokonania obliczeń matematycznych, jak również zapewnia automatyczne generowanie wykresów i macryc. Szacując rozmiar generowanego ryzyka, uwzględnia ponadto ewentualność kilkukrotnego wystąpienia zagrożenia w okresie analizy prospektywnej. Odróżnia poziomy akceptowanego i tolerowanego ryzyka od jego wyróżnionych kategorii, co umożliwia porównanie wielkości ponoszonego ryzyka ze stopniem awersji względem niego (ISO 2009b). Pozwala podmiotowi przeprowadzającemu ocenę na indywidualne określenie przedziałów dla poszczególnych kategorii ryzyka. Zapewnia to możliwość wykorzystania techniki w przypadku JST i różnorodnych organizacji. Wskazane wyżej cechy techniki Analizy Zagrożenia Ludności i Mienia predestynują ją do zastosowania w planowaniu kryzysowym na poziomie JST.

## Bibliografia

- Aven T., 2008, *Risk Analysis: Assessing Uncertainties beyond Expected Values and Probabilities*, Padstow: John Wiley & Sons, Ltd.
- Borysiewicz M., Furtek A., Potempski S., 2000, *Poradnik metod ocen ryzyka związanego z niebezpiecznymi instalacjami procesowymi*, Otwock-Świerk: Instytut Energii Atomowej.

- Clifton A.E., 2005, *Hazard Analysis Techniques for System Safety*, Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Cooper D.F., Gray S., Geoffrey R., Walker P., 2005, *Project Risk Management Guidelines. Managing Risk in Large Projects and Complex Procurements*, Chippenham: John Wiley & Sons, Ltd.
- FERMA, 2003, *Standard Zarządzania Ryzykiem*, Brussels: FERMA.
- Gołębiewski J., 2011, *Zarządzanie kryzysowe w świetle wymogów bezpieczeństwa*, Kraków: Wydawnictwo Szkoły Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej.
- Grocki R., 2012, *Zarządzanie kryzysowe. Dobre praktyki*, Warszawa: Difin.
- GUS, 2000–2011, *Poszkodowani w wypadkach przy pracy – wskaźniki*, Bank Danych Lokalnych GUS, [http://www.stat.gov.pl/bdl/app/strona.html?p\\_name=indeks](http://www.stat.gov.pl/bdl/app/strona.html?p_name=indeks) [dostęp: 10.01.2013].
- GUS, 2010, 2011, 2012, *Wypadki przy pracy (monitoring rynku pracy)*, [http://www.stat.gov.pl/gus/5840\\_1817\\_PLK\\_HTML.htm](http://www.stat.gov.pl/gus/5840_1817_PLK_HTML.htm) [dostęp: 10.01.2013].
- Hellwig Z., 1998, *Elementy rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Hopkin P., 2010, *Fundamentals of Risk Management: Understanding Evaluating and Implementing Effective Risk Management*, London–Philadelphia–New Delhi: Kogan Page.
- Howard N., 1971, *Paradoxes of Rationality: Theory of Metagames and Political Behavior*, Cambridge: MIT Press.
- ISO, 2009a, *International Standard ISO/FDIS 31000. Risk management – Principles and guidelines*, Geneva: International Organization For Standardization.
- ISO, 2009b, *ISO Guide 73. Risk management – Vocabulary*, Geneva: International Organization For Standardization.
- Kaczmarek T.T., 1998, *Ryzyko i zarządzanie ryzykiem. Ujęcie interdyscyplinarne*, Warszawa: Difin.
- Kosowski B., 2006, *Programowanie działań na wypadek zaistnienia sytuacji kryzysowych. Poradnik Praktyczny*, Kraków: Szkoła Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej.
- Ministerstwo Finansów RP, 2007, *Zarządzanie ryzykiem w sektorze publicznym. Podręcznik wdrożenia systemu zarządzania ryzykiem w administracji publicznej w Polsce*, Warszawa: Bentley Jennison.
- OGC, 2007, *Management of Risk. Pocketbook*, London: TSO.
- Pietraś Z.J., 1998, *Decydowanie polityczne*, Warszawa–Kraków: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- PKN, 1999, *PN-IEC 60300-3-9, Polska norma. Zarządzanie niezawodnością. Przewodnik zastosowań. Analiza ryzyka w systemach technicznych*, Warszawa: Polski Komitet Normalizacyjny.
- PMI, 2007, *A Guide to Project Management Body of Knowledge*, (wyd. 4), Pennsylvania: Project Management Institute.
- Stankiewicz J., Wilczek K., 2000, *Elementy rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej. Teoria, przykłady, zadania*, Rzeszów: Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej.
- Ustawa z dnia 26 kwietnia 2007 r. o zarządzaniu kryzysowym (Dziennik Ustaw z 2007 r., Nr 89, poz. 590 ze zm.).
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dziennik Ustaw z 2001 r., Nr 62, poz. 627 ze zm.).

---

Walas-Trębacz J., Ziarko J., 2011, *Podstawy zarządzania kryzysowego. Zarządzanie kryzysowe w przedsiębiorstwie*, Kraków: Krakowskie Towarzystwo Edukacyjne sp. z o.o., Oficyna Wydawnicza AFM.